



דתישבו

פרשת לך לך, תשע"ח, מספר 1242

כוכבים, חול הים ועפר הארץ

עלי מרצבך

כאילו רצו לשטוף את כל העולם ומיד כאשר יגיעו אל החול הם נשברים... לפיכך כשבא עשו לקראת יעקב, אמר יעקב בתפילתו (בר' לב:יג) "וְאַתָּה אָמַרְתָּ הֵיטֵב אֵיטִיב עִמָּךְ וְשָׁמַתִּי אֶת זְרַעְךָ כְּחֹל הַיָּם... שלפי שזה הבטחה שלא יוכלו להם שונאיהם, כך לא יוכל עשו להזיקו, ומטעם זה הזכיר דווקא החול שעל שפת הים, וכי אין חול אחר בעולם זולתו? אלא לפי שהוא שובר הגלים כאמור, לכך נאמר כאן "וְכָחֹל אֲשֶׁר עַל שֵׁפֶת הַיָּם"... ודמיון העפר מורה על זמן השפלות כי בזמן שיהיו כעפר לדוש בדיוטה תחתונה, משם יעלו משפל מצבם ויפרצו לכל רוח כמו שכתוב "וְהָיָה זְרַעְךָ כְּעֶפֶר הָאָרֶץ" (כח:יד).

אם נתייחס עתה לתחום המספרי, נגלה להפתעתנו כי הדימויים השונים רומזים על אותה כמות. נתחיל בכמויות המוחלטות.

כוכבי השמים: כדור הארץ שייך למערכת השמש הנמצאת בגלקסיה (צביר כוכבים) הקרויה "שביל החלב", והמכילה כ-100 מיליארד כוכבים. בעזרת טלסקופ ניתן לראות בבירור גלקסיות רבות. מלבד הכוכבים הנראים לנו מעולמנו, מכיל היקום עוד כוכבים וצבירי כוכבים רבים שאינם נראים בעין רגילה.

אומדן מקובל כיום הוא שישנן כ-200 מיליארד גלקסיות ביקום. אם נניח שבממוצע יש בכל גלקסיה כ-100 מיליארד כוכבים, אז נקבל כאומדן למספר הכוכבים ביקום כ-20,000 מיליארד מיליארדים: 20,000,000,000,000,000,000,000 או - 2×10^{22} כוכבים.

לפי מדענים אחרים אומדן זה גבוה מדי, ומספר הכוכבים הוא רק כ- 10^{21} . נוסף שמדובר בהערכה בלבד, שאינה מדויקת כלל, מכיוון שהמספר בנוי על מדגמים של חלוקת השמים לאזורים קטנים בחלל.

מעניין שגם חז"ל הציעו הערכה למספר הכוכבים שביקום:

אמר הקב"ה לכנסת ישראל שנים עשר מזלות (קבוצות כוכבים היוצרות צורות שונות כמו מאזניים, עקרב וכו') בראתי

במספר מקומות בספר בראשית ה' מבטיח לאבותינו שזרעם יהיה רב; פעמים שהוא מדמה את הזרע לעפר הארץ, פעמים לחול הים ופעמים לכוכבים:

וְשָׁמַתִּי אֶת זְרַעְךָ כְּעֶפֶר הָאָרֶץ אֲשֶׁר אִם יוּכַל אִישׁ לִמְנוֹת אֶת עֶפֶר הָאָרֶץ גַּם זְרַעְךָ יִמְנָה (יג:טז).

וַיֹּצֵא אֹתוֹ הַחוּצָה וַיֹּאמֶר הֲבֵט נָא הַשָּׁמַיְמָה וּסְפֹר הַכּוֹכָבִים אִם תּוּכַל לְסַפֵּר אֹתָם וַיֹּאמֶר לוֹ כֹּה יִהְיֶה זְרַעְךָ (טו:ה).

כִּי בָרַךְ אֲבִרְכֶךָ וְהִרְבָּה אֲרֵבָה אֶת זְרַעְךָ כְּכּוֹכְבֵי הַשָּׁמַיִם וְכָחֹל אֲשֶׁר עַל שֵׁפֶת הַיָּם וַיִּרֶשׁ זְרַעְךָ אֶת שְׁעַר אֵיבָיו (כב:ז).

וְהִרְבִּיתִי אֶת זְרַעְךָ כְּכּוֹכְבֵי הַשָּׁמַיִם וְנָתַתִּי לְזְרַעְךָ אֶת כָּל הָאֲרָצוֹת הָאֵל וְהִתְבָּרְכוּ בְזְרַעְךָ כָּל גּוֹיֵי הָאָרֶץ (כו:ד).

וְהָיָה זְרַעְךָ כְּעֶפֶר הָאָרֶץ וּפְרָצְתָּ יָמָה וְקָדְמָה וְצַפְנָה וְנִגְבָּה וְנִבְרָכוּ בְּךָ כָּל מְשֻׁפָּחַת הָאָדָמָה וּבְזְרַעְךָ (כח:יד).

מה המיוחד בכל אחד מהדימויים הללו? נתייחס כאן תחילה לפן הרוחני, ואחר כך לפן המספרי ולמשמעות הספירה באופן מעשי.

רבי שלמה אפרים מלונטשיץ (ה'ש - ה'שע"ט) בספרו "כלי יקר" (וגם פרשנים אחרים כמו רבי חיים בן עטר בספרו "אור החיים") מסביר את ההבדלים הרוחניים בין ביטויי ההבטחה השונים. לדעתו "כוכבי השמים" רומזים על זמן של גדולה והצלחה לעם ישראל, "חול הים" רומז על זמן שאומות העולם מנסים ללא הצלחה להילחם נגד ישראל, ו"עפר הארץ" רומז על זמן של שפלות העם:

בזמן השלוח וההצלחה נמשלים לכוכבים לשון גדולה כמו שפירש"י על פסוק "ה' אֶ-לֵהֵיכֶם הִרְבָּה אֶתְכֶם וְהִנֵּכֶם הַיּוֹם כְּכּוֹכְבֵי הַשָּׁמַיִם לְרַב" (דב' א:י) הרבה והגדיל אתכם, כך "הרבה ארבה" האמור כאן הוא לשון גדולה. ודמיון החול הוא מורה על הזמן שהאומות קמים על ישראל לכולותם ולא יוכלו להם, כמו הגלים המתנשאים

* פרופ' עלי מרצבך, המחלקה למתמטיקה, אוניברסיטת בר-אילן.

אפשר להעריך גרגיר כגוף באורך של 0.2 מילימטר (200 מיקרון). לכן יש במטר מעוקב בערך 100 מיליארד (10^{11}) גרגירי חול. עכשיו כל שעלינו לעשות הוא להעריך את הנפח הכולל של החול בכדור הארץ.

אנשי גיאוגרפיה וגיאולוגיה מעריכים שרוחבו של חוף ממוצע הוא 30 מטרים ועומק החול בו מגיע לעשרה מטרים. אורך קו החוף העולמי הוא כ-356 אלף קילומטר, אבל נניח שרק 70 אחוז ממנו הוא חוף חולי והשאר מורכב מדברים אחרים (סלעים, קרח וכו'). בסך הכול, לפי החישוב שלנו, הנפח הכולל של החול בעולם הוא 74.7 מיליון מיליארד מטרים מעוקבים $= 74.7 \times 10^9 \text{ מ"ק}$, ולכן מספר גרגירי החול בכדור הארץ הוא 7.4×10^{21} .

לפי ההערכה הזו יש קצת יותר כוכבים ביקום מגרגירי חול, אבל יש מדענים הסבורים ש-75% של החוף חולי, ורוחב חוף ממוצע 100 מטר, ואז מקבלים שמספר גרגירי החול הוא 2.6×10^{22} (לפי חישובו של הגיאולוג David Louapre). להפתעתנו, מספר זה דומה מאוד למספר הכוכבים! באופן מעשי, כמו באשר לכוכבים, קשה מאוד לבן אדם לספור גרגירי חול, ומבחינה טכנית קשה אפילו להגיע אלפים בודדים.

עפר הארץ: בשונה מהכוכבים ומגרגירי החול, לא ניתן לספור את עפר הארץ ללא מכשירים מיוחדים, כמו מיקרוסקופ, כי אין אפשרות לראות בעין בלתי מזוינת חלקיק עפר. כבר רש"י שם לב לזה והוא כותב: "כשם שאי אפשר לעפר להימנות, כך זרעך לא ימנה" (בר' יג:טז).

באשר לאוכלוסיית היהודים בעולם היום, יש דעות שונות בין הסטטיסטיקאים העוסקים בדמוגרפיה. נקבל שעם ישראל מונה כיום בערך 1.4×10^7 נפשות. אם נניח לשם הפשטות, שזה היה מספרם בכל הדורות, ונניח כי מאז ימי אברהם אבינו עברו כמאה דורות, הרי שמספר הנפשות הכולל מימי אברהם ועד היום הוא בסדר גודל של 10^9 נפשות בלבד. מספר קטן בהרבה מכוכבי השמים וחול הים.

מה הרעיון של הספירה עצמה? כמה מספרים בן אדם מסוגל לספור? נניח שבשנייה אחת ניתן לספור שלושה מספרים. אם כך, ניתן לספור בשעה עד כעשרת אלפים. אם נספור במשך 10 שעות כל יום, נגיע תוך שנה למספר 36,500,000 או 3.65×10^5 , ותוך שנתיים ל- 10^8 . כדי להגיע לספירת כל כוכבי היקום, או גרגירי החול, נזדקק ל-2,000 אלף מיליארד שנים: 2×10^{15} ! כמובן, ספירה שכזו אינה מציאותית. דבר זה נרמז בפסוק: "מי מנה עפר יעקב ומספר את רבע ישראל" (במ' יג:טז).

ברקיע, ועל כל מזל ומזל בראתי לו שלשים חיל (כנגד כל מזל נבראו שלושים צבירי כוכבים) ועל כל חיל וחיל בראתי לו שלשים לגיון, ועל כל לגיון ולגיון בראתי לו שלשים רהטון, ועל כל רהטון ורהטון בראתי לו שלשים קרטון. ועל כל קרטון וקרטון בראתי לו שלשים גסטרא, ועל כל גסטרא וגסטרא תליתי בו שלש מאות וששים וחמישה אלפי רבוא כוכבים כנגד ימות החמה (ברכות לב ע"ב).

עתה נחשב מספר זה: אלף ריבוא זה 10,000,000; כלומר, בכל גסטרא וגסטרא יש 3,650 מיליוני (3,650,000,000) כוכבים. את מספר הגסטרות ביקום על פי דברי התלמוד, נקבל על ידי הכפלה פשוטה: $291,600,000 = 30 \times 30 \times 30 \times 30 \times 12$ גסטרות.

כדי לקבל את סה"כ מספר הכוכבים שביקום, יש להכפיל את מספר הגסטרות ב-3,650,000,000.

כלומר, מספר הכוכבים הוא:

$$3,650,000,000 \times 291,600,000$$

$$1,064,340,000,000,000 =$$

מספר זה הוא קצת יותר מ- 10^{18} . מעניין שמספר זה קרוב יחסית לאומדנים המקובלים היום של מספר הכוכבים ביקום, כפי שהזכרתי. יש לזכור גם, שבשל התפשטות היקום, מספר הכוכבים אינו קבוע. במשך הזמן יש כוכבים ש"נולדים" ויש כוכבים ש"מתים".

באופן מעשי, ברור שאי אפשר לספור מספרים גדולים שכאלו. יתרה מזו, גם בלילה הבהיר ביותר, במבט בעין רגילה מכדור הארץ, לא ניתן לראות, לזהות ולספור יותר מ-6,000 כוכבים (ואכן העמים הקדמונים סברו כי זהו בערך מספר כוכבי השמיים, עיינו בספר האלמג'סט של תלמי). למרבה הפלא, עוד באותה תקופה ידעו חז"ל כי מספר הכוכבים שונה לחלוטין, ורחוק באופן דרסטי, מהמספר הנראה בעין רגילה.

לכאורה יש לשאול, איזו הבטחה הבטיח הקב"ה לאברהם, כשאמר לו לספור את הכוכבים כדי להראות לו שזרעו יהיה רב כמו הכוכבים. אם נניח שאברהם סבר כאותם קדמונים שמספר הכוכבים נע בין 4,000 ל-6,000, לא היה כל דבר מיוחד בהבטחת הקב"ה! משום כך מסתבר, שאברהם כבר ידע שמדובר במספר עצום, והקב"ה אמר לו: כמו שאינך יכול לספור את הכוכבים משום שהם רבים, כך יהיה זרעך כה רב.

החול אשר על שפת הים: קצת יותר קשה להעריך את מספר גרגירי החול בכדור הארץ, כי יש לנו פחות מידע. גודלו של גרגיר חול נע בין ששית מילימטר ל-2 מילימטרים. בממוצע

גדול, שלא ניתן יהיה לספור אותו באמצעים של ספירה פשוטה, וטוב שכך, כמאמר חז"ל: אמר רבי יצחק אין הברכה מצויה אלא בדבר הסמוי מן העין... תנו רבנן אין הברכה מצויה לא בדבר השקול ולא בדבר המדוד ולא בדבר המנוי, אלא בדבר הסמוי מן העין (בבא מציעא מב ע"א).

המספר העצום של הכוכבים, השווה בערך למספר העצום של חול הים, מאפשר לקב"ה להתערב בעולמו בצורה יפה וסמויה. על ידי כך, הוא משרה ומשפיע את ברכתו על עם ישראל, הן בשמים בדימוי הכוכבים, הן מול הים בדימוי החול והן על האדמה בדימוי העפר.

כג:י). גם הנביא ירמיהו אומר: "אֲשֶׁר לֹא יִסְפָּר צָבָא הַשָּׁמַיִם וְלֹא יִמְד חוֹל הַיָּם כִּן אֲרֻבָּה אֶת זֶרַע דָּוִד עֲבָדֵי" (לג:כב).

דוד המלך אומר (תה' קמז:ד): "מוֹנֶה מִסְפָּר לְפוֹכְבִּים". משמע שרק בורא עולם יודע למנות את מספרם המדויק של הכוכבים, וגם: "לְכֻלָּם שְׁמוֹת יִקְרָא", ואין זה ביכולת בני אדם... שהרי אם היה הדבר ביכולת האדם, מדוע דוד מייחס יכולת זאת רק לבורא?

תהליך הספירה מעניק משמעות לכל פריט ופריט. במקרה שלנו, המסר ברור: כל אחד מזרעם של האבות חשוב בפני עצמו, מבחינת "כל אחד ואחד חייב לומר בשבילי נברא העולם" (מסכת סנהדרין ד, ה).

המסר של הקב"ה בהבטחות אלו לאבות היה בעיקר רוחני. הזרע של האבות יהיה כה

הדף מופץ בסיוע קרן הנשיא לתורה ולמדע
הדף מופיע באינטרנט באתר המידע
של אוניברסיטת בר-אילן
בכתובת: <http://www.biu.ac.il/JH/Parasha>
כתובת המייל של הדף: dafshv@mail.biu.ac.il
יש לשמור על קדושת העלון

עורך: פרופ' יוסף עופר
עורכת לשון: רחל הכהן שיף